饲粮不同代谢能、粗蛋白质水平对新杨绿壳蛋鸡产蛋后期生产性能、蛋品质及血清生化指标的影响

齐明星[1]　丁　科[1]　李兰兰[1]　张南南[1]　严华祥[2]　邹晓庭[1*]

（1.浙江大学饲料科学研究所，农业部动物营养与饲料科学重点实验室，杭州　310058；2.上海家禽育种有限公司，上海　201399）

摘　要：本试验旨在通过研究饲粮不同代谢能、粗蛋白质水平对新杨绿壳蛋鸡产蛋后期（44~56 周龄）生产性能、蛋品质及血清生化指标的影响，得出其产蛋后期饲粮代谢能和粗蛋白质的适宜配比。选取 768 羽体重相近的 43 周龄新杨绿壳蛋鸡，随机分为 6 组，每组 4 个重复，每个重复 32 羽。采用 2×3 因子（代谢能水平为 10.87 和 11.08 MJ/kg，粗蛋白质水平为 15.00%、15.50%和 16.00%）设计试验，共设计 6 种饲粮。试验预试期 1 周，正试期 12 周。结果表明：1）饲粮不同代谢能、粗蛋白质水平对绿壳蛋鸡产蛋后期产蛋率和料蛋比有显著影响（$P<0.05$）,饲粮代谢能和粗蛋白质水平在产蛋率上表现出极显著的交互作用（$P<0.01$），其中，高能低蛋组（代谢能为 11.08 MJ/kg，粗蛋白质为 15.00%）产蛋率最高，料蛋比最低。2）饲粮较高粗蛋白质水平（16.00%）能显著提高绿壳蛋鸡产蛋后期鸡蛋的哈氏单位（$P<0.05$）；饲粮较高代谢能水平（11.08 MJ/kg）能显著提高绿壳蛋鸡产蛋后期鸡蛋的蛋黄颜色（$P<0.05$）；饲粮代谢能和粗蛋白质水平在蛋品质上未表现出显著的交互作用（$P>0.05$）。3)高能低蛋组绿壳蛋鸡血清尿素氮含量最低；饲粮较高代谢能水平（11.08 MJ/kg）能显著降低绿壳蛋鸡血清总胆固醇含量($P<0.05$)。综上，在本试验条件下，饲粮代谢能、粗蛋白质水平分别为 11.08 MJ/kg 和 15.00%时，更有利于绿壳蛋鸡产蛋后期生产性能的发挥和蛋品质的改善。

关键词：绿壳蛋鸡；产蛋后期；代谢能；粗蛋白质；适宜配比

中图分类号：S831.5

家禽养殖的主要成本来自饲料，而饲料成本的高低取决于饲粮的代谢能、粗蛋白质水平以及必需氨基酸的补充[1]。饲粮中的代谢能、粗蛋白质水平对蛋鸡生产性能及体组织成分有重要影响[2]，适宜的饲粮代谢能、粗蛋白质水平对满足蛋鸡生产需要和饲料资源的合理应用具有重要意义。新杨绿壳蛋鸡是由上海家禽育种有限公司、中国农业大学以及国家家禽工程

[1]收稿日期：2016－10－14

基金项目：国家蛋鸡产业技术体系建设专项基金资助（CARS-41-K17）；国家科技支撑计划专项基金资助（2014BAD13B04）

作者简介：齐明星（1990－），男，山东梁山人，硕士研究生，从事蛋鸡营养研究。E-mail: 21417075@zju.edu.cn

*通信作者：邹晓庭，教授，博士生导师，E-mail: xtzou@zju.edu.cn

技术研究中心以我国东乡绿壳蛋鸡和国外白来航或海兰白蛋鸡为育种材料，经配合力测定后杂交而成。新杨绿壳蛋鸡为我国自主选育的优良家禽品种，但近年来，有关绿壳蛋鸡的研究大多集中于蛋氨酸、赖氨酸、色氨酸等必需氨基酸对其生产性能的影响[3-4]，并且仅停留在育成期阶段[5]，至今尚无产蛋期饲养标准指导其生产。为此，本试验拟以产蛋后期新杨绿壳蛋鸡为试验动物，通过研究代谢能和粗蛋白质以及二者的交互作用对绿壳蛋鸡产蛋后期生产性能、蛋品质及血清生化指标的影响，研究其饲粮代谢能和粗蛋白质的适宜配比，为今后制定绿壳蛋鸡饲养标准及指导生产实践提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

本试验研究对象为产蛋后期（44~56 周龄）新杨绿壳蛋鸡。试验地点为上海家禽育种有限公司华青育种基地。饲养时间为 2015 年 5 月 21 日至 2015 年 8 月 29 日。

1.2　试验设计

选取 768 羽体质健康的 43 周龄绿壳蛋鸡，随机分成 6 组，每组 4 个重复，每个重复 32 羽。预试期 1 周，正试期 12 周，试验预试期按各组统计产蛋率，并根据统计结果进行适当调整，以使各组在正式试验开始时的产蛋率差异不显著（P>0.05）。参考 NRC（1994）来航蛋用鸡和我国《鸡饲养标准》（NY/T 33—2004）中优质蛋鸡营养需要量的有关资料，采用 2×3 因子（代谢能水平为 10.87 和 11.08 MJ/kg，粗蛋白质水平为 15.00%、15.50%和 16.00%）试验设计饲粮，试验饲粮及营养水平见表 1。

表 1　试验饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)　　%

项目 Items	低能低蛋组 LELP	低能中蛋组 LEMP	低能高蛋组 LEHP	高能低蛋组 HELP	高能中蛋组 HEMP	高能高蛋组 HEHP
原料 Ingredients						
玉米 Corn	62.00	62.00	62.00	65.50	65.00	65.50
豆粕 Soybean meal	21.50	23.00	24.00	22.50	23.50	24.00
小麦麸 Wheat bran	5.00	3.50	2.50	0.50		
石粉 Limestone	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
预混料 Premix[1)]	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2]						
代谢能 ME/(MJ/g)	10.87	10.87	10.87	11.08	11.08	11.08

粗蛋白质 CP	15.00	15.50	16.00	15.00	15.50	16.00
赖氨酸 Lys	0.75	0.78	0.80	0.76	0.78	0.79
蛋氨酸 Met	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
色氨酸 Trp	0.17	0.18	0.18	0.17	0.17	0.18
苏氨酸 Thr	0.55	0.57	0.59	0.57	0.59	0.60
精氨酸 Arg	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
钙 Ca	3.42	3.42	3.43	3.42	3.42	3.19
总磷 TP	0.58	0.58	0.57	0.56	0.56	0.40

1) 预混料为每千克饲粮提供 The premix provides the following per kg of diets:VA 200 000 IU，VD_3 50 000 IU，VE 285 IU,VK_3 30 mg，VB_1 39 mg,VB_2 132 mg，VB_6 52.5 mg，VB_{12} 0.4 mg，生物素 biotin 4.5 mg，叶酸 folic acid 1.0 mg，*D*－泛酸 *D*-pantothenic acid 207 mg，烟酸 nicotinic acid 600 mg，Cu (as copper sulfate) 0.1 g，Fe (as ferrous sulfate) 1.6 g，Mn (as manganese sulfate) 1.6 g，Zn (as zinc sulfate)1g，I (as potassium iodide) 5 mg，Se (as sodium selenite) 4 mg。

2)代谢能、色氨酸和苏氨酸为计算值，其余为实测值。ME, Trp and Thr were calculated values, while the others were measured values.

1.3 饲养管理

试验采用 3 层阶梯式笼养，半机械通风，人工照明，每天 08:00 和 14:00 各喂料 1 次，根据剩料情况酌情增减给料量使鸡处于自由采食状态，以刺激食欲，避免浪费，试验鸡自由饮水，预试期 1 周，正试期 12 周。

1.4 测定指标与方法

1.4.1 生产性能

每天记录各重复死淘数、采食量、产蛋数和蛋重，计算平均日采食量、产蛋率、平均蛋重和料蛋比。

试验开始时，每个重复选取 8 只体重接近的鸡称重并做标记，试验结束时再次称取所标记鸡的重量。计算平均每个重复的体增重。

1.4.2 蛋品质

每 6 周收集 1 次鸡蛋，共收集 2 次。以重复数为单位，每个重复随机选取 6 枚鸡蛋，每组 24 枚，共 144 枚，进行蛋品质指标测定。蛋品质测定采用日产 DET 6000 蛋品质测定仪检测，主要指标有：蛋白高度、蛋黄颜色、哈氏单位、蛋壳厚度和蛋壳强度。

1.4.3 血清生化指标

饲养试验结束后，每个重复随机选取 4 只鸡，每组 16 只，供水禁食 12 h 后，翅下静脉

采血，3 500 r/min 离心 15 min 以制备血清用于血清生化指标的测定，制备好的血清立即分装并置于冰盒临时保存，于－80 ℃冰箱长期保存。血清总蛋白（TP）、白蛋白（ALB）、尿素氮（UN）、甘油三酯（TG）和总胆固醇（T-CHO）含量均采用试剂盒测定，试剂盒购于南京建成生物工程研究所。

1.5　数据统计分析

试验数据均以“平均值±标准差”表示，采用 SPSS 20.0 一般线性模型中单变量分析处理数据，采用 Duncan 氏法进行多重比较。以 P<0.05 作为差异显著的标准。

2　结果与分析

2.1　饲粮不同代谢能、粗蛋白质水平对新杨绿壳蛋鸡产蛋后期生产性能的影响

由表 2 可知，饲粮不同代谢能、粗蛋白质水平对新杨绿壳蛋鸡产蛋后期产蛋率和料蛋比有显著影响（P<0.05）。饲粮代谢能和粗蛋白质水平在产蛋率上表现出极显著的交互作用（P<0.01）。高能低蛋组产蛋率最高，较低能低蛋组、低能中蛋组、低能高蛋组、高能中蛋组和高能高蛋组分别提高了 10.62%（P<0.05）、11.80%（P<0.05）、7.06%（P>0.05）、7.48%（P<0.05）和 11.00%（P<0.05）。高能低蛋组料蛋比最低，较低能低蛋组、低能中蛋组、低能高蛋组、高能中蛋组和高能高蛋组分别降低了 7.57%（P>0.05）、9.23%（P<0.05）、7.85%（P>0.05）、7.29%（P>0.05）和 7.01%（P>0.05）。在代谢能为 10.87 MJ/kg 时，高蛋组产蛋率和平均日采食量均最高，分别较低蛋组、中蛋组提高了 3.32%（P>0.05）、4.42%（P>0.05）和 2.53%（P>0.05）、0.82%（P>0.05）；在代谢能为 11.08 MJ/kg 时，低蛋组产蛋率最高，分别较中蛋组、高蛋组提高了 7.48%（P<0.05）、11.00%（P<0.05）。以饲粮粗蛋白质水平为固定因子，低蛋组料蛋比较中蛋组和高蛋组分别降低了 4.80%（P<0.05）和 3.94%（P>0.05）；以饲粮代谢能水平为固定因子，不同饲粮代谢能水平对绿壳蛋鸡产蛋后期产蛋率、平均蛋重、平均日采食量和料蛋比均未产生显著影响（P>0.05），其中，高能组较低能组产蛋率提高了 3.60%（P>0.05），平均蛋重降低了 0.50%（P>0.05），料蛋比降低了 3.61%（P>0.05）。

表 2　饲粮不同代谢能、粗蛋白质水平对新杨绿壳蛋鸡产蛋后期生产性能的影响

Table 2　Effects of different dietary energy and crude protein levels on production performance of *Xinyang* green shell laying hens during late stage of egg production

项目 Items	产蛋率 Laying rate/%	平均蛋重 Average egg eight/g	平均日采食量 ADFI/(g/d)	料蛋比 Feed/egg	体增重 Body weight gain/g

低能低蛋组 LELP	52.08 ± 1.52^{b}	48.30 ± 0.27	82.85 ± 1.47	3.30 ± 0.11^{ab}	42.50 ± 28.72
低能中蛋组 LEMP	51.53 ± 0.89^{b}	48.70 ± 0.13	84.26 ± 1.99	3.36 ± 0.11^{a}	47.50 ± 17.08
低能高蛋组 LEHP	53.81 ± 2.05^{ab}	48.75 ± 0.19	84.95 ± 1.75	3.31 ± 0.14^{ab}	45.00 ± 28.87
高能低蛋组 HELP	57.61 ± 2.78^{a}	48.24 ± 0.55	84.42 ± 2.87	3.05 ± 0.15^{b}	42.50 ± 22.17
高能中蛋组 HEMP	53.60 ± 0.76^{b}	48.49 ± 0.45	85.58 ± 1.60	3.29 ± 0.09^{ab}	67.50 ± 27.54
高能高蛋组 HEHP	51.90 ± 1.73^{b}	48.34 ± 0.46	82.25 ± 3.26	3.28 ± 0.10^{ab}	65.00 ± 12.90
代谢能 ME/(MJ/kg)					
10.87	52.48 ± 1.74	48.59 ± 0.28	84.02 ± 1.83	3.32 ± 0.11	
11.08	54.37 ± 3.01	48.35 ± 0.46	84.08 ± 2.82	3.20 ± 0.16	
粗蛋白质 CP/%					
15.00	54.85 ± 3.61	48.27 ± 0.40	83.64 ± 2.77	3.17 ± 0.18^{b}	
15.50	52.57 ± 1.35	48.59 ± 0.33	84.92 ± 1.82	3.33 ± 0.10^{a}	
16.00	52.86 ± 1.92	48.55 ± 0.39	83.60 ± 2.82	3.30 ± 0.11^{ab}	
P 值 *P*-value					
代谢能 ME	0.072	0.146	0.948	0.051	
粗蛋白质 CP	0.096	0.213	0.187	0.046	
代谢能×粗蛋白质 ME×CP	<0.01	0.655	0.134	0.172	

同列数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著（*P*>0.05），不同字母表示差异显著（*P*<0.05）。下表同。

In the same column, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05), while with different letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05). The same as below.

2.2 饲粮不同代谢能、粗蛋白质水平对新杨绿壳蛋鸡产蛋后期蛋品质的影响

由表 3 可知，饲粮不同代谢能、粗蛋白质水平对新杨绿壳蛋鸡产蛋后期哈氏单位、蛋黄颜色和蛋壳强度有显著影响（*P*<0.05）。低能高蛋组哈氏单位最高，较低能低蛋组提高了 7.25%（*P*<0.05）；高能高蛋组哈氏单位较低能低蛋组提高了 6.80%（*P*<0.05）。高能高蛋组蛋黄颜色最大，较低能高蛋组提高了 11.86%（*P*<0.05）。低能中蛋组蛋壳强度最大，较高能高蛋组提高了 20.59%（*P*<0.05）。在代谢能为 10.87 MJ/kg 时，哈氏单位随饲粮粗蛋白质水平的升高而增加，高蛋组哈氏单位较低蛋组增加了 7.25%（*P*<0.05）；在代谢能为 11.08 MJ/kg 水平时，高蛋组蛋白高度、哈氏单位、蛋黄颜色、蛋壳厚度均高于低蛋组和中蛋组，但均未达到显著水平（*P*>0.05）。以饲粮粗蛋白质水平为固定因子，提高饲粮粗蛋白质水平能显著提高绿壳鸡蛋哈氏单位（*P*<0.05），高蛋组哈氏单位较中蛋组和低蛋组分别提高了 4.19%（*P*<0.05）和 4.72%（*P*<0.05）；以饲粮代谢能水平为固定因子，提高饲粮代谢能水平能显著提高绿壳鸡蛋蛋黄颜色，高能组蛋黄颜色较低能组提高了 4.58%（*P*<0.05）。高能

高蛋组蛋壳强度最低，较低能中蛋组降低了 17.07%（P<0.05）。饲粮代谢能和粗蛋白质水平在蛋品质上未表现出显著的交互作用（P>0.05）。

表 3　饲粮不同代谢能、粗蛋白质水平对新杨绿壳蛋鸡产蛋后期蛋品质的影响

Table 3　Effects of different dietary energy and crude protein levels on egg quality of *Xinyang* green shell laying hens during late stage of egg production

项目 Items	蛋白高度 Albumen height/mm	哈氏单位 Haugh unit	蛋黄颜色 Yolk color	蛋壳强度 Egg-shell strength/(kgf/cm^2)	蛋壳厚度 Eggshell thickness/mm
低能低蛋组 LELP	4.17±0.44	61.63±1.75^{b}	6.20±0.43^{ab}	3.60±0.47^{ab}	0.28±0.05
低能中蛋组 LEMP	4.34±0.47	62.48±3.51^{ab}	6.25±0.10^{ab}	3.69±0.19^{a}	0.32±0.17
低能高蛋组 LEHP	4.28±0.25	66.10±2.18^{a}	5.90±0.12^{b}	3.28±0.42^{ab}	0.29±0.47
高能低蛋组 HELP	4.23±0.24	64.35±2.75^{ab}	6.25±0.19^{ab}	3.29±0.18^{ab}	0.32±0.12
高能中蛋组 HEMP	4.02±0.24	64.15±2.34^{ab}	6.35±0.19^{ab}	3.37±0.46^{ab}	0.30±0.18
高能高蛋组 HEHP	4.38±0.31	65.82±1.94^{a}	6.60±0.28^{a}	3.06±0.23^{b}	0.33±0.15
代谢能 ME/(MJ/kg)					
10.87	4.26±0.37	63.40±3.09	6.12±0.34^{b}	3.52±0.40	0.30±0.04
11.08	4.21±0.29	64.77±2.28	6.40±0.26^{a}	3.24±0.31	0.32±0.02
粗蛋白质 CP/%					
15.00	4.21±0.33	62.99±2.58^{b}	6.23±0.31	3.44±0.37	0.30±0.04
15.50	4.18±0.39	63.31±2.90^{b}	6.30±0.26	3.53±0.37	0.31±0.02
16.00	4.33±0.30	65.96±1.92^{a}	6.25±0.42	3.17±0.34	0.31±0.04
P 值 *P*-value					
代谢能 ME	0.715	0.193	0.023	0.063	0.160
粗蛋白质 CP	0.628	0.031	0.863	0.123	0.399
代谢能×粗蛋白质 ME×CP	0.410	0.486	0.058	0.951	0.174

2.3　饲粮不同代谢能、粗蛋白质水平对新杨绿壳蛋鸡产蛋后期血清生化指标的影响

由表 4 可知，饲粮不同代谢能、粗蛋白质水平对新杨绿壳蛋鸡产蛋后期血清 UN、ALB 和 T-CHO 含量有显著性影响（P<0.05）。饲粮代谢能和粗蛋白质水平在血清 UN 含量上表现出显著的交互作用（P<0.05），其中，高能低蛋组血清 UN 含量最低，较低能中蛋组和高能高质组显著降低了 22.02%（P<0.05）和 21.08%（P<0.05）。高能低蛋组血清 T-CHO 含量较低能低蛋组降低了 31.11%（P<0.05）。以饲粮粗蛋白质水平为固定因子，中蛋组血清 ALB 含量较低蛋组和高蛋组分别降低了 10.30%（P<0.05）和 8.35%（P<0.05）；以饲粮代谢能水平为固定因子，提高饲粮代谢能水平能显著降低绿壳蛋鸡产蛋后期血清 T-CHO 含量，高能组血清 T-CHO 含量较低能组降低了 20.12%（P<0.05）。

表 4　饲粮不同代谢能、粗蛋白质水平对新杨绿壳蛋鸡产蛋后期血清生化指标的影响

Table 4　Effects of different dietary energy and crude protein levels on serum biochemical indices of *Xinyang* green shell laying hens during late stage of egg production

项目 Items	尿素氮 UN/(mmol/L)	总胆固醇 T-CHO/(mmol/L)	总蛋白 TP/(g/L)	白蛋白 ALB/(g/L)	甘油三酯 TG/(mmol/L)
低能低蛋组 LELP	3.13±0.47[ab]	5.40±1.27[a]	52.66±3.90	44.53±2.97[a]	24.74±5.73
低能中蛋组 LEMP	3.36±0.45[a]	4.33±1.74[ab]	53.72±2.90	37.16±3.30[b]	23.21±2.54
低能高蛋组 LEHP	2.89±0.56[ab]	4.85±1.25[ab]	53.89±1.68	44.07±2.22[a]	26.76±7.77
高能低蛋组 HELP	2.62±0.42[b]	3.72±0.79[b]	51.98±9.91	44.79±1.63[a]	25.56±4.95
高能中蛋组 HEMP	2.97±0.67[ab]	4.02±0.73[ab]	50.00±7.81	42.21±3.40[ab]	21.47±5.70
高能高蛋组 HEHP	3.32±0.41[a]	4.03±0.52[ab]	54.55±5.83	43.31±1.57[ab]	20.61±3.04
代谢能 ME/(MJ/kg)					
10.87	3.12±0.51	4.92±1.36[a]	53.32±2.95	42.35±4.18	24.90±5.61
11.08	2.97±0.57	3.93±0.65[b]	52.17±7.52	43.31±2.42	22.54±4.94
粗蛋白质 CP/%					
15.00	2.88±0.50	4.64±1.35	52.36±6.68	44.64±2.31[a]	25.15±5.12
15.50	3.16±0.58	4.14±1.15	51.85±5.81	40.04±4.08[b]	22.34±4.30
16.00	3.11±0.52	4.43±1.00	54.27±4.25	43.69±1.82[a]	23.68±6.48
P 值 *P*-value					
代谢能 ME	0.368	0.020	0.626	0.198	0.434
粗蛋白质 CP	0.346	0.712	0.740	<0.01	0.188
代谢能×粗蛋白质 ME×CP	0.049	0.357	0.776	0.114	0.274

3　讨　论

3.1　饲粮粗蛋白质水平对新杨绿壳蛋鸡产蛋后期生产性能的影响

产蛋率与平均蛋重是衡量蛋鸡生产性能的重要指标，其主要受蛋鸡品种、周龄、饲粮营养水平、环境等因素的影响。耿爱莲等[6]研究表明，蛋鸡产蛋前期在 20 周龄时，15.50%饲粮粗蛋白质水平组产蛋率显著高于 16.00%饲粮粗蛋白质水平组；随着时间的推移，产蛋后期，相比于 15.00%饲粮粗蛋白质水平组，16.00%饲粮粗蛋白质水平组蛋鸡产蛋率下降，料蛋比呈现增加的趋势，这与本试验结果一致。本研究表明，45 周龄后的绿壳蛋鸡，随着饲粮粗蛋白质水平的提高，产蛋率有降低的趋势，其中，15.00%饲粮粗蛋白质水平组产蛋率最高。Silva 等[7]研究了 48 周龄海塞克斯白蛋鸡在饲粮不同粗蛋白水平下生产性能的变化，结果表明，平均蛋重随饲粮粗蛋白水平升高而呈线性增加，这与本试验结果一致。本试验结果表明，增加饲粮粗蛋白水平对平均蛋重虽没有显著影响，但表现出增加的趋势，这可能与试验动物的种类、试验饲粮组成等不同有关。Westerterp-Plantenga[8]认为，提高饲粮粗蛋白质水平可使热增耗增加，从而使机体产生饱感，代谢能的利用率降低。本试验结果表明，饲

粮粗蛋白质水平对绿壳蛋鸡产蛋后期料蛋比产生显著影响，料蛋比随饲粮粗蛋白质水平的提高而降低，15.00%的粗蛋白质水平饲粮有利于降低绿壳蛋鸡产蛋后期料蛋比。

3.2　饲粮代谢能水平对新杨绿壳蛋鸡产蛋后期生产性能的影响

家禽具有根据自身代谢能需要来调节采食量的本能。代谢能对蛋鸡生产性能的影响主要体现在影响鸡只采食量上，进而导致各营养物质摄入量出现差异[9]。本试验结果表明，代谢能分别为 10.87 和 11.08 MJ/kg 的饲粮未引起绿壳蛋鸡产蛋后期采食量的变化，且对产蛋率、平均蛋重、料蛋比均未产生显著影响。这可能与饲粮代谢能梯度设计偏低、试验动物的种类及试验饲粮组成等不同有关。

3.3　饲粮代谢能和粗蛋白质的组合效应对新杨绿壳蛋鸡产蛋后期生长性能的影响

代谢能和粗蛋白质水平及二者的比例关系在动物的各生长阶段都占有重要的地位。动物饲粮代谢能和粗蛋白质的营养关系并不是孤立的，二者之间存在必然的联系[10]。当饲粮代谢能和粗蛋白质保持适当的比例关系时，动物生产性能最好，饲料转化率最高；当饲粮代谢能和粗蛋白质比例不当时，由于总体营养的不平衡，会影响营养物质利用效率并导致营养吸收转化障碍[11]。本试验结果表明，饲粮代谢能和粗蛋白质水平在绿壳蛋鸡产蛋后期产蛋率指标上表现出极显著的互作效应，这一结果与 Sell 等[12]的研究一致。本试验条件下，当饲粮代谢能水平为 11.08 MJ/kg、粗蛋白质水平为 15.00%时，绿壳蛋鸡产蛋后期产蛋率最高。

3.4　饲粮不同代谢能、粗蛋白质水平对新杨绿壳蛋鸡产蛋后期蛋品质的影响

一般随着日龄的增加，蛋鸡产蛋率下降和蛋重增加，鸡蛋品质和组成也随着蛋鸡生产水平和年龄变化而变化[13]。蛋白高度和哈氏单位是反映鸡蛋蛋白品质的重要指标，蛋白高度主要受蛋鸡所处环境和鸡蛋贮存环境的影响较大，营养对蛋白高度影响较小[14]，因此多用哈氏单位来衡量鸡蛋的物理品质。哈氏单位越大表明蛋白黏稠度越高，则蛋白品质越好。陈冠军等[15]研究表明，41 周龄后的鲁西斗鸡，饲粮较高粗蛋白质水平（17.00%）组哈氏单位显著高于饲粮较低粗蛋白质水平（15.50%）组。本试验结果表明，提高饲粮粗蛋白质水平能显著提高绿壳蛋鸡鸡蛋的哈氏单位，原因可能是机体吸收的蛋白质除了用于蛋白质的维持代谢外，剩余的蛋白质主要沉积在蛋清的黏稠蛋白中。杨宁[16]研究表明，蛋黄颜色随饲粮代谢能水平的升高显著加深，这与本试验结果一致。本试验结果表明，饲粮代谢能水平对绿壳蛋鸡产蛋后期蛋黄颜色有显著影响，其中高能高蛋组（代谢能为 11.08 MJ/kg，粗蛋白质为 16.00%）蛋黄颜色最好。毕英佐[17]研究发现蛋壳重量与蛋型指数及饲粮中的钙含量、钙源利用率和补钙时间有关系。本试验结果显示，高能高蛋组绿壳蛋鸡产蛋后期蛋壳强度显著降低，这可能是高能高蛋组采食量偏低，机体摄入体内的钙含量不足造成的。

3.5　饲粮不同代谢能、粗蛋白质水平对新杨绿壳蛋鸡产蛋后期血清生化指标的影响

Malmiof[18]认为，血清 UN 可以较为准确地反映动物体蛋白质的代谢情况和饲粮氨基酸的平衡情况，饲粮氨基酸平衡良好、蛋白质代谢良好时血清 UN 含量低。本试验结果显示，提高饲粮代谢能水平可降低绿壳蛋鸡产蛋后期血清 UN 含量，这与本课题组袁超等[19]研究结果一致，高能低蛋组（代谢能为 11.08 MJ/kg，粗蛋白质为 15.00%）能显著降低血清 UN 含量，这可能与该代谢能、粗蛋白质水平组合更有利于促进绿壳蛋鸡产蛋后期蛋白质代谢有关。血清 T-CHO 含量反映动物体脂肪沉积的情况，血清 TG 的含量则反映动物脂肪合成的强度。曹赞等[20]研究表明，血清中脂类代谢与机体脂肪沉积之间存在一定的关系，当机体脂肪沉积较多时，血清中反映脂类代谢的 TG、T-CHO 含量相对较高。本试验结果表明，11.08 MJ/kg 代谢能水平能有效降低血清 TG、T-CHO 含量，这可能与试验饲粮代谢能和粗蛋白质组成适合绿壳蛋鸡产蛋后期营养需要量，避免了过量脂肪囤积于皮下及肝脏有关。机体蛋白质的沉积取决于蛋白质的合成与分解代谢速度，血清 TP 和 ALB 含量是反映机体蛋白质合成能力的重要指标，同时血清 ALB 具有作为营养物质的载体和维持血浆渗透压等重要功能[21]。本试验结果表明，高能低蛋组（代谢能为 11.08 MJ/kg，粗蛋白质为 15.00%）能显著提高血清 ALB 的含量，这可能与该代谢能、粗蛋白质水平组合促进了绿壳蛋鸡产蛋后期蛋白质的合成代谢有关。

4　结　论

在本试验条件下：

① 饲粮代谢能、粗蛋白质水平分别为 11.08 MJ/kg 和 15.00%时，绿壳蛋鸡产蛋后期产蛋率最高，料蛋比最低，血清 UN 和 T-CHO 含量最低，血清 ALB 含量最高；

② 饲粮代谢能水平为 11.08 MJ/kg 时，能有效改善绿壳蛋鸡产蛋后期蛋黄颜色；

③ 饲粮粗蛋白质水平为 16.00%时，能有效改善绿壳蛋鸡产蛋后期哈氏单位。

参考文献：

[1] 石天虹,张桂芝,黄宝华,等.蛋雏鸡营养水平与经济效益的研究[J].饲料研究,1999(3):7–9.

[2] 呙于明.家禽营养与饲料[M].北京:中国农业大学出版社,1997.

[3] 丁阳,贺强,袁超,等.31~43 周龄新杨绿壳蛋鸡赖氨酸需要量的研究[J].动物营养学报,2015,27(7):2215–2223.

[4] 贺强,丁阳,袁超,等.饲粮色氨酸水平对新杨绿壳蛋鸡生产性能、蛋品质及血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2015,27(8):2388–2395.

[5] 袁超,徐志刚,蒋媛婧,等.新杨绿壳蛋鸡育成期能量和蛋白质的需要量[J].动物营养学

报,2013,25(4):735–742.

[6] 耿爱莲,石晓琳,王海宏,等.饲粮粗蛋白质水平对散养北京油鸡产蛋性能及蛋品质的影响[J].动物营养学报,2011,23(2):307–315.

[7] SILVA M F R,DE FARIA D E,RIZZOLI P W,et al.Desempenho,qualidade dos ovos e balanço de nitrogênio de poedeiras comerciais alimentadas com rações contendo diferentes níveis de proteína bruta e lisina[J].Revista Brasileira de Zootecnia,2010,39(6):1280–1285.

[8] WESTERTERP-PLANTENGA M S.Protein intake and energy balance[J].Regulatory Peptides,2008,149(1/2/3):67–69.

[9] ZHU C,JIANG Z Y,JIANG S Q,et al.Maternal energy and protein affect subsequent growth performance,carcass yield,and meat color in Chinese Yellow broilers[J].Poultry Science,2012,91(8):1869–1878.

[10] MIN Y N,SHI J S,WEI F X,et al.Effects of dietary energy and protein on growth performance and carcass quality of broilers during finishing phase[J].Journal of Animal and Veterinary Advances,2012,11(19):3652–3657.

[11] 李伟忠,李焕江.饲粮中适宜能量蛋白比选择的研究进展[J].饲料博览,2003(4):20–22.

[12] SELL J L,HASIAK R J,OWINGS W J.Independent effects of dietary metabolizable energy and protein concentrations on performance and carcass characteristics of tom turkeys[J].Poultry Science,1985,64(8):1527–1535.

[13] AKBAR M K,GAVORA J S,FRIARS G W,et al.Composition of eggs by commercial size categories:effects of genetic group,age,and diet[J].Poultry Science,1983,62(6):925–933.

[14] BENABDELJELIL K,JENSEN L S.Effectiveness of ascorbic acid and chromium in counteracting the negative effects of dietary vanadium on interior egg quality[J].Poultry Science,1990,69(5):781–786.

[15] 陈冠军,杨维仁,杨在宾,等.饲粮粗蛋白质水平对鲁西斗鸡生产性能及蛋品质的影响[J].动物营养学报,2012,24(10):2028–2035.

[16] 杨宁.现代养鸡生产[M].北京:中国农业大学出版社,1994:616–617.

[17] 毕英佐.影响蛋壳质量的因素及改善措施[J].中国家禽,2007,29(4):28–29.

[18] MALMIOF K.Amino acid in farm animal nutrition metabolism,partition and consequences of imbalance[J].Journal of Agriculture Research,1988,18(4):191–193.

[19] 袁超,宋华慧,严华祥,等.日粮能量、蛋白水平对育雏期绿壳蛋鸡生长性能和屠体成分及

血清生化指标的影响[J].中国畜牧杂志,2013,49(23):26–30.

[20] 曹赞,高振华,陈广信,等.代谢能和粗蛋白质水平对科宝肉鸡生产性能、屠宰性能及血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2014,26(9):2553–2564.

[21] STANLEY C C,WILLIAMS C C,JENNY B F,et al.Effects of feeding milk replacer once versus twice daily on glucose metabolism in Holstein and Jersey calves[J].Journal of Dairy Science,2002,85(9):2335–2343.

Effects of Different Dietary Energy and Crude Protein Levels on Performance, Egg Quality and Serum Biochemical Indices of *Xinyang* Green Shell Laying Hens during Late Stage of Egg Production

QI Mingxing[1]　DING Ke[1]　LI Lanlan[1]　ZHANG Nannan[1]　YAN Huaxiang[2]　ZOU Xiaoting[1*i]

（1. *Key Laboratory of Animal Nutrition and Feed Science of Ministry of Agriculture, Feed Science Institute, Zhejiang University, Hangzhou* 310058, *China;* 2. *Shanghai Poultry Breeding Co., Ltd., Shanghai* 201399, *China*）

Abstract: This study was conducted to investigate the effects of different dietary energy and crude protein levels on performance, egg quality and serum biochemical indices of *Xinyang* green shell laying hens during late stage of egg production (44 to 56 weeks of age), and to obtain the optimum energy and protein requirements for them. A total of 768 *Xinyang* green shell laying hens with 43 weeks of age were randomly allocated to 6 groups, each of which included 4 replicates of 32 hens. A 2×3 factorial design with two levels of metabolizable energy （ME：10.87 and 11.08 MJ/kg) and three levels of crude protein (CP：15.00%, 15.50% and 16.00%) was used in this experiment to prepare 6 different diets. The pre-trial period was one week, and the trial period was 12 weeks. The results showed as follows: 1） different dietary ME and CP levels had significant effects on laying rate and the ratio of feed to egg (F/E) of *Xinyang* green shell laying hens during late stage of egg production (P<0.05). The interaction between ME and CP level was significant on laying rate (P<0.01). The laying rate was the highest and the F/E was the lowest in high energy and low protein group with 11.08 MJ/kg ME and 15.00% CP. 2) Dietary 16.00% CP level significantly increased Haugh unit (P<0.05) and dietary 11.08 MJ/kg ME level significantly increased yolk color (P<0.05) of eggs of *Xinyang* green shell laying hens during late stage of egg production. There was no interaction between ME and CP level on egg quality (P>0.05). 3) Serum urea nitrogen content was the lowest in high energy and low protein group. Dietary 11.08 MJ/kg ME

level significantly decreased serum total cholesterol content of green shell laying hens ($P<0.05$). In summary, under the conditions of this experiment, dietary 11.08 MJ/kg ME and 15.00% CP can benefit to increase performance and promote egg quality of *Xinyang* green shell laying hens during late stage of egg production.

Key words: green shell hens; late stage of egg production; metabolizable energy; crude protein; optimum requirement

---

[i]*Corresponding author, professor, E-mail: xtzou@zju.edu.cn (责任编辑　田艳明)